

Available at : <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/inersiajournal>
DOI : <https://doi.org/10.33369/ijts.12.1.1-11>

ISSN 2086-9045

EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG DENGAN METODE *PUSHOVER* *ANALYSIS* SESUAI PEDOMAN ATC-40 (Studi Kasus: SMP 3 Muhammadiyah Yogyakarta)

Dianita Ika Roshinta Dewi¹⁾, Algazt Aryad Masagala¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Teknologi Yogyakarta
Jl Glagahsari No.63, Warungboto, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta
Corresponding Author: dianitaika04@gmail.com

Abstrak

Metode yang digunakan dalam pemeriksaan evaluasi kinerja struktur adalah *pushover analysis* yang disesuaikan dengan pedoman ATC-40. *Output* dari *pushover analysis* adalah level kerusakan bangunan. ATC-40 merupakan salah satu pedoman yang digunakan dalam penentuan level kerusakan. Level kerusakan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai evaluasi keamanan struktur setelah terjadi gempa. Berdasarkan *pushover analysis* yang telah dilakukan didapatkan nilai *performance point* sebesar $S_a = 0,091$ dan $S_d = 0,017$ untuk *push x* sedangkan untuk nilai dari *push y* adalah $S_a = 0,089$ dan $S_d = 0,016$. Sedangkan untuk nilai maksimum *total drift* 0,00113 dan nilai maksimum *inelastic drift* 0,00095 pada *push x* dan nilai maksimum *total drift* 0,00128 dan nilai maksimum *inelastic drift* 0,001036 pada *push y*. Berdasarkan hasil tersebut didapatkan level kerusakan struktur adalah *Immediate Occupancy* (IO) yang artinya apabila terjadi gempa, hanya sedikit kerusakan struktural yang terjadi. Karakteristik dan kapasitas sistem penahan gaya vertikal dan lateral pada struktur masih sama dengan kondisi dimana gempa belum terjadi, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai.

Kata kunci: Evaluasi Kinerja Struktur, *Pushover Analysis*, ATC-40

Abstract

The *pushover analysis* method was used in the structural performance evaluation by adjusting it to the ATC-40 guidelines. The output of this *pushover analysis* was the damage level of the building after being given a certain thrust. ATC-40 is one of the guidelines used in determining the damage level. The level of damage can be used as an evaluation for the safety of structures after an earthquake occurs. Based on the *pushover analysis* the performance point value was found at $S_a = 0.091$ and $S_d = 0.017$ for push x; while the value of push y was $S_a = 0.089$ and $S_d = 0.016$. Meanwhile, the maximum total drift value was 0.00113 and the maximum value of inelastic drift was 0.00095 on push x and the maximum total value of drift 0.00128 and the maximum value of inelastic drift 0.001036 on push y. Based on these results the level of structural damage is at *Immediate Occupancy* (IO) indicating that if an earthquake occurs, there will be only a small parts of structural damage. The characteristics and capacity of the vertical and lateral force retaining system on the structure are still similar as the conditions where there was no earthquake. Thus, the building is safe and can be used immediately

Keywords: Evaluation of Structure Performance, *Pushover Analysis*, ATC-40

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur untuk memenuhi kebutuhan akan fasilitas umum meningkat setiap tahun, salah satunya gedung untuk fasilitas pendidikan. Mengetahui fungsi gedung yang mempunyai kategori resiko yang tinggi maka dalam perancangan dan pelaksanaannya perlu disesuaikan dengan standar yang ada. Standar tersebut digunakan sebagai acuan mutu dan kelayakan gedung tersebut. Gedung yang dalam perancangan dan pelaksanaannya tidak sesuai dengan standar akan dimungkinkan terjadi penurunan ketahanan bangunan.

Banyak standar yang digunakan sebagai acuan perancangan dan pelaksanaan pekerjaan struktur. Standar yang digunakan di Indonesia sendiri adalah Standar Nasional Indonesia yang didukung oleh standar pendukung lainnya. Data pembebanan dan fungsi bangunan merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam perancangan, sedangkan dalam pelaksanaannya, prosedur pengerjaan yang baik dan mengikuti standar perlu diperhatikan.

SMP 3 Muhammadiyah Yogyakarta merupakan sekolah dengan lokasi Jl. Kapten Piere Tendean No.19, Wirobrajan, Kota Yogyakarta. Dalam rangka peningkatan mutu pada proses belajar mengajar, fasilitas gedung juga perlu ditingkatkan. Pembangunan gedung 5 lantai dan 1 basement menjadi solusi peningkatan dari fasilitas gedung tersebut. Pembangunan gedung tersebut sempat terhenti sementara dikarenakan faktor

internal yang terjadi. Pergantian kontraktor pelaksana juga terjadi selain pemberhentian sementara, selama proses pengerjaan gedung.

Assesment terhadap gedung tersebut perlu dilakukan dikarenakan pemberhentian sementara proyek. Proses assesment digunakan untuk menentukan kualitas beton dan kekuatan bangunan yang sudah terbangun. Ada kesalahan prosedur dalam pengerjaan proses assesment tersebut yang mengakibatkan struktur dari bangunan mengalami kerusakan. Beberapa tulangan utama yang menjadi bagian utama dari struktur kolom terputus saat proses *core drill*.

Bedasarkan SNI 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, sekolah termasuk kategori risiko paling tinggi. Mengingat adanya hal tersebut evaluasi kinerja struktur yang mengalami kerusakan sangat diperlukan. Penelitian mengenai evaluasi kinerja struktur ini dapat membantu pengguna untuk mengetahui dampak dari kerusakan struktur bangunan terhadap kekuatan bangunan.

Tinjauan Pustaka

Nugroho (2016), telah melakukan penelitian mengenai evaluasi gedung di daerah rawan gempa. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi struktur gedung dengan tambahan dilatasi pada bagian tertentu. Penambahan struktur akan mempengaruhi kekuatan gedung tersebut. Gedung yang dievaluasi pada penelitian ini terdapat di daerah rawan gempa, sehingga analisis gempa perlu diperhatikan. Analisis gempa

yang digunakan adalah SNI 2002 dengan peta gempa tahun 2010. Selain itu digunakan analisis dengan FEMA 356, menjadi pertimbangan peneliti untuk menarik kesimpulan.

Rizcky dkk (2014), melakukan evaluasi kinerja gedung beton bertulang dengan pushover analysis akibat beban gempa Padang. Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program SAP 2000 dengan pedoman SNI 1726-2002 dan FEMA 273. Hasil penelitian berupa kondisi bangunan pasca gempa dengan analisis pushover pada kekuatan gempa yang terjadi dalam range antara 100% sampai dengan 120 % dari kekuatan gempa rencana.

Pangemanan dan Mantiri (2017), melakukan penelitian tentang analisis pushover perilaku seismik struktur bangunan bertingkat. Studi kasus yang digunakan adalah bangunan ruko. Analisis struktur menggunakan program ETABS berdasarkan SNI 1726-2002, ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440. Hasil penelitian tersebut adalah kinerja batas ultimate dari bangunan ruko yang disesuaikan dengan standar yang telah ditetapkan sebelumnya.

Nurchasanah, dkk (2015), melakukan evaluasi kinerja seismik gedung terhadap analisis beban dorong. Analisis struktur menggunakan aplikasi program SAP 2000 V.15 dengan pedoman ATC-40. Hasil penelitian berupa evaluasi kinerja dan penjelasan keadaan struktur apabila terjadi gempa.

Prasetyo (2017), telah melakukan penelitian tentang evaluasi struktur SMP 3 Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini dilatar belakangi oleh penambahan lantai pada gedung L. Penambahan lantai pada

gedung tersebut menyebabkan penambahan beban pada struktur gedung tersebut. Evaluasi dilakukan dengan tujuan mengetahui kekuatan struktur gedung tersebut setelah terjadi penambahan lantai. aplikasi ETABS digunakan dalam analisis dan perbaikan yang digunakan adalah penyambungan tulangan sesuai dengan kebutuhan.

Ruang Lingkup Kajian

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada bangunan SMP Muhammadiyah 3 Yogyakarta.
2. Standar yang digunakan dalam perhitungan pembeban adalah SNI 1726-2012 dan SNI 1727-2013.
3. Permodelan struktur dibatasi dengan penggunaan aplikasi SAP 2000.
4. Analisis kinerja struktur dibatasi dengan metode *pushover analysis* sesuai pedoman ATC-40 dan pengamatan sendi plastis yang terjadi pada struktur.
5. *Output* hasil analisis berupa level kinerja struktur bangunan berdasarkan nilai *drift ratio* dari analisis *pushover* dan pengamatan sendi plastis pada struktur bangunan

Capaian

Hasil yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah level kinerja dari struktur gedung. Level kinerja tersebut dapat digunakan sebagai acuan kerusakan dan kondisi struktur setelah terjadi gempa.

METODE PENELITIAN

Studi Pustaka

Peneliti menggunakan beberapa sumber dalam penentuan studi pustaka. Tujuan studi pustaka adalah memberikan informasi tentang penelitian sebelumnya yang dapat dijadikan referensi untuk penelitian yang sedang dilaksanakan. Penentuan studi pustaka difokuskan pada informasi yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilaksanakan. Peneliti menghimpun informasi yang berkaitan dengan evaluasi gedung baik standar yang berlaku maupun proses pelaksanaan dan analisis dari penelitian. Studi pustaka diambil dari laporan tugas akhir, skripsi, thesis, jurnal, buku maupun website resmi dan sumber-sumber resmi lainnya baik secara *online* maupun *offline*.

Pengumpulan Data

Data dalam penelitian dapat diperoleh dari berbagai sumber. Data tersebut digunakan sebagai data dasar penelitian. Dengan pengumpulan data peneliti akan dipermudah dalam proses penyusunan maupun analisis dari penelitian yang sedang dilaksanakan. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode studi dokumen. Studi dokumen adalah jenis pengumpulan data yang meneliti berbagai macam dokumen yang berguna sebagai bahan analisis. Data yang peneliti gunakan dalam penelitian ini adalah data struktur bangunan yang didapatkan dari pihak SMP 3 Muhammadiyah. Untuk data pendukung lain seperti peta gempa maupun koefisien yang digunakan perhitungan, peneliti dapatkan dari website resmi puskim dan standar-standar yang berlaku

Analisis

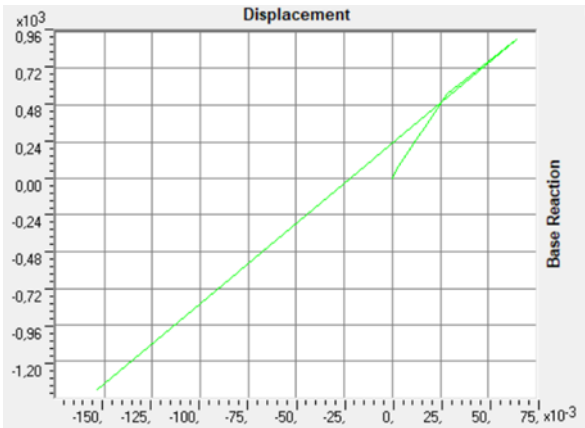
Tahap pertama dalam analisis struktur yang digunakan adalah perhitungan beban dari struktur tersebut. Perhitungan pembebanan

struktur dilakukan berdasarkan standar yang berlaku, dalam penelitian ini peneliti menggunakan SNI 1727-2013 tentang tata cara pembebanan rumah dan gedung. Pada penelitian ini pembebanan struktur yang digunakan adalah beban mati dan beban hidup. Beban mati struktur diperoleh dengan menjumlahkan beban dasar dari bahan – bahan untuk menyusun struktur tersebut dengan penambahan koefisien yang ada. Beban hidup struktur diperoleh dari tabel yang telah disediakan pada SNI yang disesuaikan dengan fungsi bangunan.

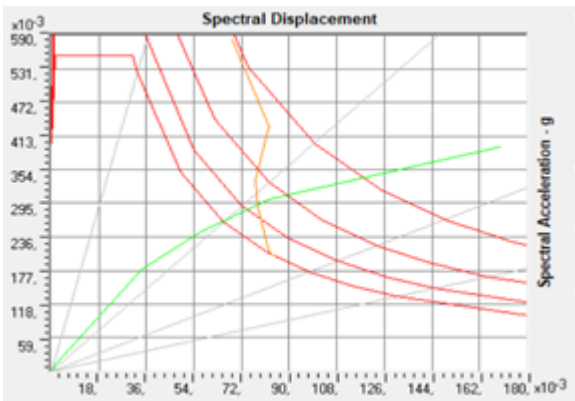
Selain beban mati dan beban hidup, perhitungan beban gempa juga perlu diperhatikan. Dalam perhitungan beban gempa standar yang digunakan adalah SNI 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Perhitungan beban gempa dimulai dengan mengetahui zona gempa sesuai dengan lokasi penelitian. Zona gempa dapat dilihat dari peta gempa pada *website* puskim. Penentuan zona gempa tersebut digunakan untuk menentukan percepatan batuan pada periode tertentu (S_1 dan S_s). Analisis selanjutnya dilakukan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan pada SNI yang berlaku. Perhitungan pembebanan struktur baik beban mati, hidup maupun gempa akan menjadi salah satu elemen yang diperlukan dalam proses permodelan dan analisis struktur selanjutnya.

Proses permodelan struktur dilakukan dengan aplikasi SAP2000 V.14. Data-data dasar maupun penunjang seperti denah struktur maupun perhitungan pembebanan struktur perlu dipersiapkan sebelumnya. Data tersebut digunakan sebagai dasar permodelan yang akan dilakukan. Hasil dari

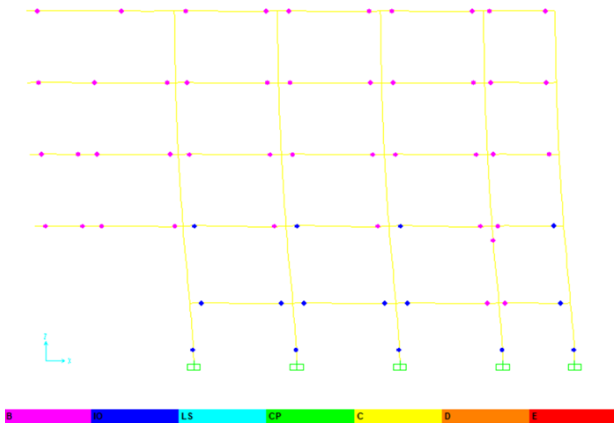
analisis *pushover* berupa grafik *pushover* dengan *plot type* dan *static nonlinear case* yang dapat diubah sesuai data yang dibutuhkan. Data-data tersebut kemudian diolah dengan rumus dan standar ATC-40 yang sudah ada sehingga memunculkan hasil berupa *drift ratio* yang dapat dikonversikan menjadi kondisi batas linear.



Gambar 1. *Pushover Curve Plot Type Resultan Base Shear vs Monitores Displacement* (SAP 2000 V.14, 2020)



Gambar 2. *Pushover Curve Plot Type ATC-40* (SAP 2000 V.14, 2020)



Gambar 3. 2D Sendi Plastis (SAP 2000 V.14, 2020)

KESIMPULAN (11 pt, bold, huruf

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan Struktur

Pembebanan awal yang digunakan dalam menganalisis evaluasi kinerja bangunan dengan SAP 2000 V.14 adalah beban mati dan beban hidup. Beban hidup yang direncanakan pada struktur gedung SMP 3 Muhammadiyah Yogyakarta berdasarkan SNI 1727-2013 sebesar 4,79 kN/m². Beban mati yang digunakan pada gedung SMP 3 Muhammadiyah Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Beban Mati

No	Jenis Beban Mati	Berat	Satuan
1	Beton bertulang	24	kN/m ²
2	Baja	78,5	kN/m ²
3	Dinding pasangan batako tebal 20 cm	2	kN/m ²
4	Spesi	21	kN/m ²
5	Pasir	16	kN/m ²
6	Keramik	24	kN/m ²
7	Instalasi <i>Plumbing</i>	0,2	kN/m ²
8	Plafon dan penggantung	0,18	kN/m ²

Sumber: SNI 1727-2013

Perhitungan Respon Spektrum

Kategori struktur bangunan dan faktor keutamaan gempa dapat dilihat pada tabel SNI. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa sekolah termasuk dalam kategori resiko IV dengan faktor keutamaan gempa adalah 1,5. Menentukan klasifikasi situs tanah didasarkan pada sifat – sifat tanah pada situs. Berdasarkan lokasi kajian yang ditinjau (Yogyakarta) termasuk dalam jenis tanah sedang (SD). Pada peta gempa 2017 didapatkan hasil dari nilai S_s sebesar 1,209 g dan nilai S_1 sebesar 0,444 g. Nilai F_a dan F_v dapat dilihat pada tabel koefisien situs F_a dan F_v yang terdapat pada SNI 1726-2012. Berdasarkan tabel tersebut nilai F_a sebesar 1,0164 sedangkan nilai F_v sebesar 2,09.

Nilai F_a dan F_v yang telah didapat sebelumnya digunakan untuk perhitungan nilai parameter spektrum respon.

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \cdot S_s \\ &= 1,0164 \cdot 1,209 \\ &= 1,229 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \cdot S_1 \\ &= 2,09 \cdot 0,444 \\ &= 0,928 \text{ g} \end{aligned}$$

Nilai parameter spektrum respon diatas digunakan untuk mencari nilai parameter respon spektrum percepatan gempa dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} 1,229 \\ &= 0,82 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} 0,928 \\ &= 0,62 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mencari } T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= \frac{0,62}{0,82} \\ &= 0,76 \text{ detik} \end{aligned}$$

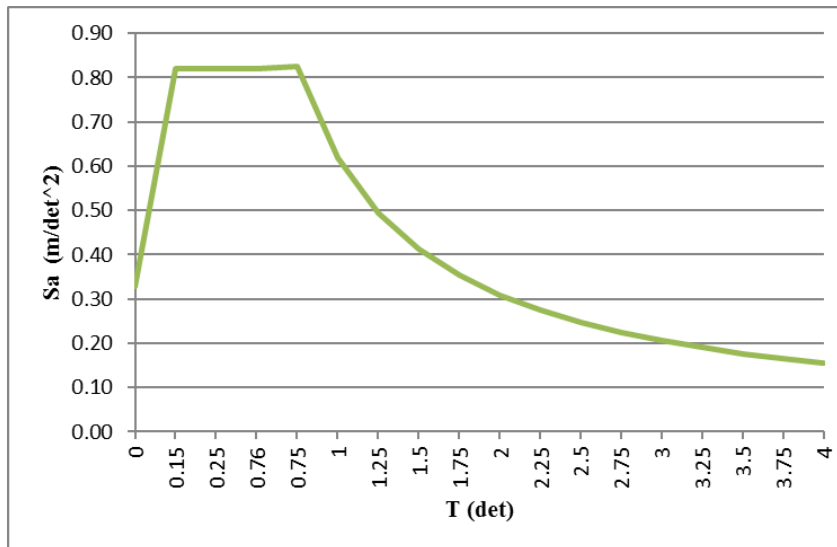
$$\begin{aligned} \text{Mencari } T_0 &= 0,2 \cdot T_s \\ &= 0,2 \cdot 0,76 \\ &= 0,15 \text{ detik} \end{aligned}$$

Respon spektrum gempa yang digunakan sebagai acuan nilai gempa berdasarkan SNI 1726-2012 guna evaluasi bangunan sesuai dengan lokasi daerah bangunan tersebut, respon maksimum berupa nilai $S_s = 1,209 \text{ g}$ dan nilai $S_1 = 0,444 \text{ g}$ yang kemudian dimasukkan pada respon spektrum pada SAP 2000. Perhitungan selanjutnya disesuaikan dengan rumus yang ada. Selain melakukan perhitungan secara manual, nilai perhitungan percepatan desain juga dapat dilihat pada website puskim seperti yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Percepatan Desain, S_a

T (dt)	S_a	T (dt)	S_a
0	0,29	$T_s + 1,4$	0,287
T_0	0,726	$T_s + 1,5$	0,276
T_s	0,726	$T_s + 1,6$	0,265
$T_s + 0$	0,658	$T_s + 1,7$	0,256
$T_s + 0,1$	0,603	$T_s + 1,8$	0,247
$T_s + 0,2$	0,555	$T_s + 1,9$	0,239
$T_s + 0,3$	0,515	$T_s + 2$	0,231
$T_s + 0,4$	0,480	$T_s + 2,1$	0,224
$T_s + 0,5$	0,450	$T_s + 2,2$	0,217
$T_s + 0,6$	0,423	$T_s + 2,3$	0,210
$T_s + 0,7$	0,399	$T_s + 2,4$	0,204
$T_s + 0,8$	0,378	$T_s + 2,5$	0,199
$T_s + 0,9$	0,359	$T_s + 2,6$	0,193
$T_s + 1$	0,342	$T_s + 2,7$	0,188
$T_s + 1,1$	0,326	$T_s + 2,8$	0,183
$T_s + 1,2$	0,312	$T_s + 2,9$	0,179
$T_s + 1,3$	0,299	3	0,178

Sumber: Website Puskim



Gambar 4. Grafik Respon Spektrum (Data Pribadi Hasil Analisis, 2020)

Waktu getar struktur adalah peristiwa bergetar dan bergoyangnya struktur gedung dalam 1 periode. Peristiwa tersebut dimodelkan sebagai masa terpusat (*lump mass model*). Perhitungan pendekatan periode struktur adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t (h_n)^x \\ &= 0,0466 \cdot 19,5^{0,9} \\ &= 0,675 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= T_a \cdot C_u \\ &= 0,675 \cdot 1,4 \\ &= 0,972 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$T_x (\text{mode 1}) = 0,54591 \text{ detik}$$

$$T_y (\text{mode 2}) = 0,42248 \text{ detik}$$

Syarat periode struktur yang digunakan :

- Jika $T_c > C_u T_a$, maka $T = C_u T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u T_a$, maka $T = T_a$
- Jika $T_c < T_a$, maka $T = T_a$

Maka, T yang dipakai adalah 0,675 detik

Hasil Perhitungan Gaya Horizontal Gempa Statik Ekuivalen

Perhitungan gaya horizontal gempa statik ekuivalen menggunakan rumus pada persamaan 8. Berdasarkan persamaan tersebut didapatkan hasil perhitungan gempa pada Tabel 3

Tabel 3. Perhitugan Gempa Setiap Lantai

Lantai (i)	Wi (kN)	Hi (m)	Hi ^k (m)	Wi.(Hi ^k) (kNm)	Fi (kN)
5	1115,07	20	26,001	28992,46	324,07
4	2943,97	16	20,398	60050,91	671,23
3	2943,97	12	14,918	43917,51	490,90
2	2943,97	8	9,598	28256,8	315,85
1	2268,15	4	4,516	10243,88	114,50
Σ				142469,11	1592,48

HASIL ANALISIS PUSHOVER

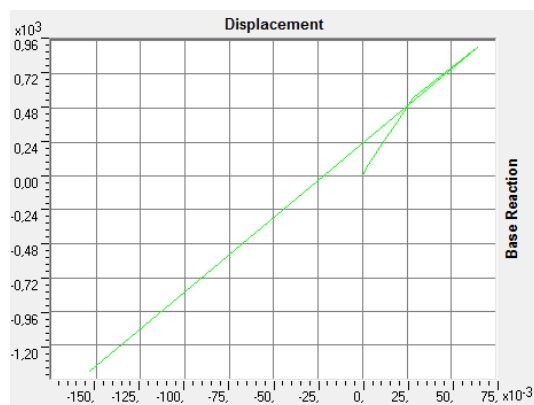
Hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya, kemudian dimasukkan kedalam aplikasi SAP 2000 sehingga muncul hasil data berikut:

Kurva kapasitas adalah gambaran hubungan antar gaya gempa dan perpindahan gaya yang terjadi pada struktur hingga runtuh. Perpindahan yang ditinjau adalah perpindahan atap dan gaya geser dasar (*base shear*). Berikut ini adalah nilai dan grafik dari *base force push x*, *push y* dan *displacement*.

Tabel 4. *Displacement dan Base Force Push X*

Step	Displacement	Base Force
	m	kN
0	0,000352	0,000
1	0,002200	54562
2	0,028741	556840
3	0,064907	915009
4	-0,154638	-1389291

Sumber: Hasil Analisis SAP 2000, 2020

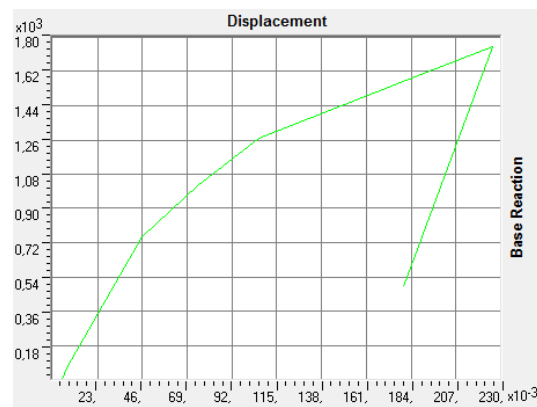


Gambar 5. *Curve Capacity Push X* (Data Pribadi Hasil Analisis SAP 2000, 2020)

Tabel 5. *Displacement dan Base Force Push Y*

Step	Displacement	Base Force
	m	kN
0	0,004783	0,000
1	0,006887	61502
2	0,045679	753480
3	0,074169	1020465
4	0,074370	1021190
5	0,106045	1270870
6	0,191824	1617966
7	0,225990	1752841
8	0,180083	490890

Sumber: Hasil Analisis SAP 2000, 2020



Gambar 6. *Curve Capacity Push Y*
(Data Pribadi Hasil Analisis SAP 2000, 2020)

Berdasarkan hasil perhitungan analisis pushover gaya lateral maksimum yang mampu ditahan adalah sebagai berikut:

Push x:

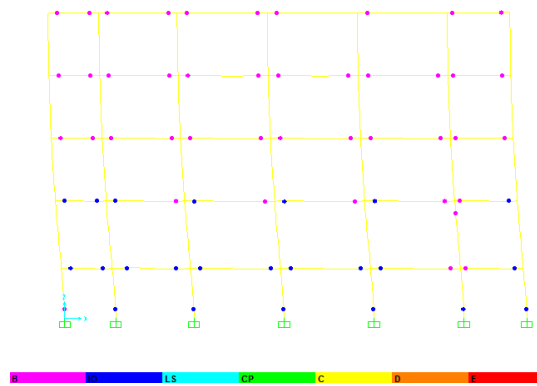
Gaya lateral maksimum = 915.009 kN pada step 3

Displacement = 0,064907 m

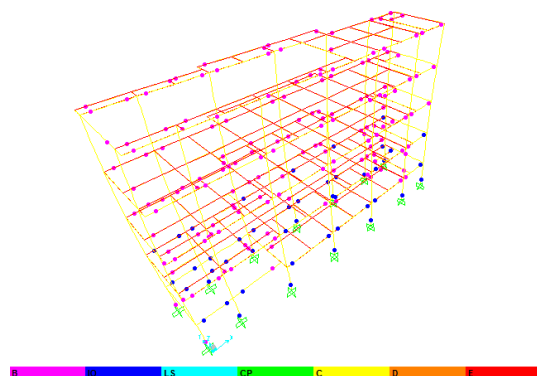
Push y:

Gaya lateral maksimum = 1.752.841 kN pada step 7

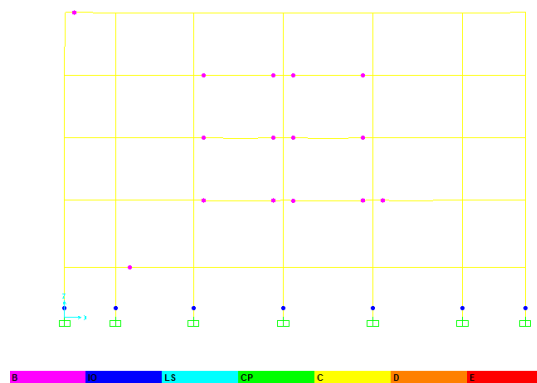
Displacement = 0,225990 m.



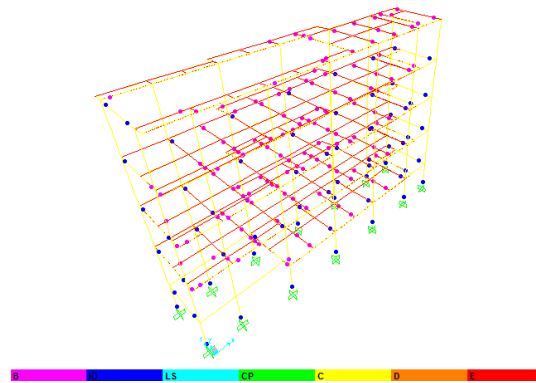
Gambar 7. 2D Sendi Plastis *Push X Step 4*
(Data Pribadi Hasil Analisis
SAP 2000, 2020)



Gambar 8. 3D Sendi Plastis *Push X Step 4*
(Data Pribadi Hasil Analisis
SAP 2000, 2020)



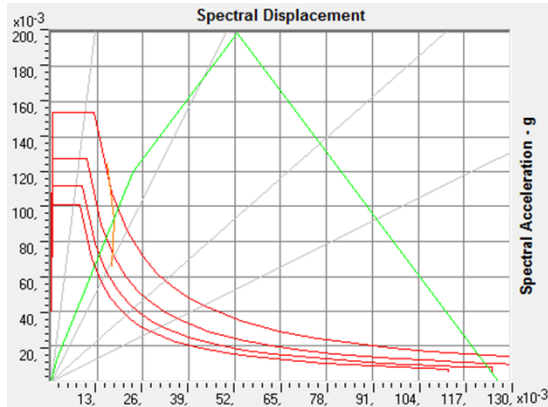
Gambar 9. 2D Sendi Plastis *Push Y Step 8*
(Data Pribadi Hasil Analisis SAP
2000, 2020)



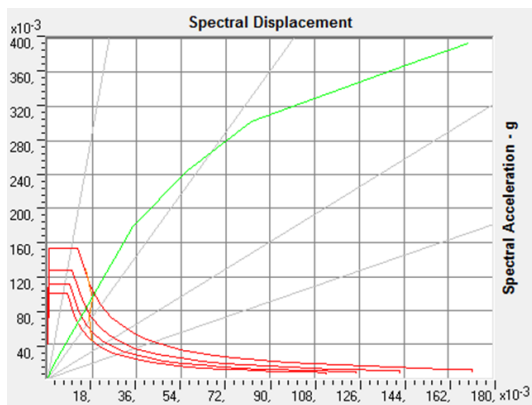
Gambar 10. 3D Sendi Plastis *Push Y Step 8*
(Data Pribadi Hasil Analisis
SAP 2000, 2020)

Berdasarkan hasil analisis diatas didapatkan bahwa sebagian besar sendi plastis pada bangunan terdapat pada titik B-IO dan IO-LS yang artinya sendi plastis menunjukkan batas linear yang kemudian diikuti terjadi pelelehan pertama selain itu apabila terjadi kerusakan hanyalah kerusakan ringan. Dengan demikian dapat dipastikan bahwa setelah terjadi gempa bangunan masih dapat digunakan..

Sedangkan berdasarkan kurva respon spektrum rencana dari peta gempa 2017 untuk wilayah Yogyakarta khususnya daerah bangunan SMP 3 Muhammadiyah Yogyakarta dengan kondisi tanah sedang , nilai $S_s = 1,209$ dan nilai $S_1 = 0,444$ guna input analisis *pushover* dalam ADRS (*Acceleration Displacement Respons Spectrum*). Untuk kurva *performance point* dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11. Pushover Curve Plot Type ATC-40 Push X (Data Pribadi Hasil Analisis SAP 2000, 2020)



Gambar 11. Pushover Curve Plot Type ATC-40 Push Y (Data Pribadi Hasil Analisis SAP 2000, 2020)

Data tabel nilai pushover curve demand capacity-ATC 40 adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Performance Point

	V	D	Sa	Sd	Teff	Beff
<i>Pus</i> <i>h x</i>	420,2 22	0,02 2	0,09 1	0,01 7	0,83 6	0,06 1
<i>Pus</i> <i>h y</i>	376,6 21	0,02 5	0,08 9	0,01 6	0,77 4	0,05 6

Sumber: Hasil Analisis SAP 2000, 2020

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa batasan ratio drift atap yang

dievaluasi pada *performance point* adalah *maximum total drift* dan *maximum inelastic drift*. Perhitungan sebagai berikut:

Nilai *ratio drift x*

$$D_t = 0,022 \text{ m}$$

$$H_{tot} = 19,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. total drift} &= \frac{D_t}{H_{tot}} \\ &= \frac{0,022}{19,5} \\ &= 0,00113 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. inelastic drift} &= \frac{D_t - D_1}{H_{tot}} \\ &= \frac{0,022 - 0,00352}{19,5} \\ &= 0,00095 \end{aligned}$$

Nilai *ratio drift y*

$$D_t = 0,025 \text{ m}$$

$$H_{tot} = 19,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. total drift} &= \frac{D_t}{H_{tot}} \\ &= \frac{0,025}{19,5} \\ &= 0,00128 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Max. inelastic drift} &= \frac{D_t - D_1}{H_{tot}} \\ &= \frac{0,025 - 0,00478}{19,5} \\ &= 0,001036 \end{aligned}$$

Berdasarkan *ratio drift* menurut ATC-40, maka hasil perhitungan diatas didapatkan bahwa gedung yang ditinjau termasuk kedalam level *Immediate Occupancy* (IO).

KESIMPULAN

Setelah mengevaluasi bangunan SMP 3 Muhammadiyah Yogyakarta dengan analisis pushover maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis diatas didapatkan nilai titik kinerja (*performance point*) gedung tersebut untuk push x adalah $S_a = 0,091$ dan $S_d = 0,017$ sedangkan untuk nilai dari push y adalah $S_a = 0,089$ dan $S_d = 0,016$.

2. Sedangkan hasil analisis push x, nilai maksimum total drift 0,00113 dan nilai maksimum inelastic drift 0,00095. Sedangkan push y, nilai maksimum total drift 0,00128 dan nilai maksimum inelastic drift 0,001036. Berdasarkan ATC-40 hasil dari perhitungan tersebut masuk kedalam kelas *Immediate Occupancy* (IO) yang artinya apabila terjadi gempa, hanya sedikit kerusakan struktural yang terjadi. Karakteristik dan kapasitas sistem penahan gaya vertikal dan lateral pada struktur masih masih sama dengan kondisi dimana gempa belum terjadi, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai. Sejauh mungkin pembahasan dikaitkan dengan hasil sebelumnya. Diutamakan berisi *major conclusion* atau *recommendations*.

DAFTAR PUSTAKA

- Applied Technology Council (ATC-40) (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building, Volume I*. California: Redwood City.
- Applied Technology Council (ATC-40) (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building, Volume II*. California: Redwood City.
- Badan Standarisasi Nasional (2012). *SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (2013). *SNI 1727-2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Nurchasanah, Y., Jaenuri, W.A.H. Ujianto, M (2015). *Evaluasi Kinerja Seismik Gedung Terhadap Analisis Beban Dorong*. Prosiding SNTT Universitas Muhammadiyah Surakarta. Solo.
- Nugroho, F (2016). *Evaluasi Kinerja Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 1726-2002 dan FEMA 356 Di Daerah Rawan Gempa*.
- Pangemanan, S dan Martiri, H.G (2017). *Analisis Pushover Perilaku Seismik Struktur Bangunan Bertingkat*. Prosiding Simposium Politeknik Negeri Manado. Manado.
- Prasetyo, Y (2017). *Evaluasi dan Perbaikan Struktur Gedung L SMP Muhammadiyah 3 Yogyakarta*. Repository Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rizcky, V., Wahyuni, E., Iranata, D (2014). *Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Dengan Pushover Analysis Akibat Beban Gempa Padang*. Paper Institut Teknologi Surabaya. Surabaya.
- Widodo, P (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta